

**ANALISIS DAN PERANCANGAN FILTER PASIF UNTUK MEREDUKSI
PENGARUH HARMONISA PADA INVERTER 3-FASA
MENGUNAKAN MATLAB/SIMULINK**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I (S1)

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh:

DEVY BAGUS SAPUTRO

D 400 130 017

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2017

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS DAN PERANCANGAN FILTER PASIF UNTUK MEREDUKSI
PENGARUH HARMONISA PADA INVERTER 3-FASA
MENGUNAKAN MATLAB/SIMULINK**

PUBLIKASI ILMIAH


oleh:

DEVY BAGUS SAPUTRO

D 400 130 017

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing


Ir. Jatmiko, M.T. 23/-17
NIK.622

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS DAN PERANCANGAN FILTER PASIF UNTUK MEREDUKSI
PENGARUH HARMONISA PADA INVERTER 3-FASA
MENGUNAKAN MATLAB/SIMULINK**

OLEH

DEVY BAGUS SAPUTRO

D 400 130 017

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 4/3/2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Jatmiko, M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Umar, S.T, M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Aris Budinan, S.T, M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Dr. Sri Sunartono, M.T., Ph.D

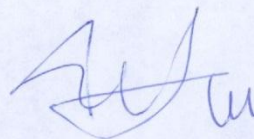
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 23/2/2017

Penulis



DEVY BAGUS SAPUTRO

D 400 130 017

ANALISIS DAN PERANCANGAN FILTER PASIF UNTUK MEREDUKSI PENGARUH HARMONISA PADA INVERTER 3-FASA MENGUNAKAN MATLAB/SIMULINK

Abstrak

Inverter merupakan rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Penggunaan inverter 3-fasa pada jaringan listrik dapat menimbulkan suatu harmonisa yang akan berdampak cacat pada gelombang tegangan dan arus. Salah satu solusi untuk mereduksi pengaruh harmonisa adalah dengan pemasangan filter pasif LC. Perancangan serta pemasangan filter pasif ini disimulasi dengan menggunakan *software* MATLAB *Simulink* R2010b sehingga didapat hasil nilai untuk *Total Harmonic Distortion* (THD). THDv yang timbul pada sistem saat sebelum dipasang filter pasif harmonik pada fasa $R=52.29\%$, fasa $S=52.24\%$, dan fasa $T=52.03\%$. Setelah dipasang filter pasif yang mana pada penelitian ini menggunakan jenis *tuned filter* mampu mengurangi THDv pada fasa R menjadi 3.23% , fasa $S=3.13\%$, dan fasa $T=3.24\%$. Hasil simulasi yang telah dilakukan pemasangan filter pasif LC mampu mengurangi THDv sistem sesuai dengan standar IEEE 519-1992.

Kata Kunci: harmonisa, filter pasif LC, MATLAB *Simulink* R2010b, inverter 3-fasa.

Abstract

The inverter is a power electronics circuit used to convert direct current (DC) into alternating current (AC). The use of 3-phase inverter on the power grid can cause a defect harmonics that will impact on the voltage and current waves. One solution to reduce the effects of harmonics is to install passive LC filter. The design and installation of passive filter is simulated by using software MATLAB *Simulink* R2010b so that the result values for Total Harmonic Distortion (THD). THDv arising from the current system before passive harmonic filter installed on phase $R = 52.29\%$, phase $S = 52.24\%$, and phase $T = 52.03\%$. Once installed passive filter which in this study using a type *tuned filter* capable of reducing THDv the R phase becomes 3.23% , phase $S = 3.13\%$, and phase $T = 3.24\%$. The simulation results were telah Hasil simulations have been done installing passive LC filter capable of reducing THDv system in accordance with IEEE standard 519-1992.

Keyword: harmonics, passive LC filter, MATLAB *Simulink* R2010b, 3-phase inverter.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya pemakaian *power converter* dan teknologi elektronika daya yang bekerja pada pengaturan frekuensi tinggi dalam sistem tenaga maka semakin banyak pula peralatan-peralatan non linear yang dipergunakan di industri. Seiring dengan semakin meluasnya penggunaan beban-beban nonlinear, gelombang arus maupun tegangan sinusoidal tersebut dapat terdistorsi dan bentuknya menjadi cacat. Arus yang tidak berbentuk sinusoidal mengintroduksi komponen arus frekuensi tinggi yang terinjeksi ke sistem, yang dikenal dengan nama arus harmonisa sehingga fenomena ini seringkali disebut dengan distorsi harmonisa. Harmonisa merupakan suatu gejala yang terjadi akibat

dioperasikannya beban listrik nonlinier yang menghasilkan gelombang dengan frekuensi-frekuensi tinggi, merupakan kelipatan dari frekuensi fundamentalnya (Dhani Wahyu, 2014).

Arus harmonisa dapat dibangkitkan oleh pemakaian peralatan elektronika, salah satunya adalah inverter. Inverter merupakan rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Penggunaan inverter pada jaringan listrik dapat menimbulkan suatu harmonisa yang akan berdampak cacat pada gelombang tegangan maupun arus. Bentuk gelombang tegangan keluaran inverter seringkali tidak sinusoidal murni karena mengandung banyak komponen frekuensi yang tidak diinginkan (Tya Paramita, 2013).

Usaha memperoleh efisiensi pengoperasian dan pemanfaatan *power inverter*, maka pengaruh harmonisa harus diperhitungkan. Tindakan memperhitungkan dan menganalisis pengaruh harmonisa sangat diperlukan demi menjaga kualitas daya dari suatu sistem kelistrikan. Salah satu usaha untuk mengatasi permasalahan harmonisa adalah dengan merencanakan suatu filter harmonisa (Teguh Firmansyah, 2015). Pada penelitian ini penulis merancang filter pasif LC serta mensimulasikan menggunakan *software* MATLAB dalam upaya peredaman harmonisa yang dihasilkan oleh rangkaian inverter 3-fasa.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Perancangan penelitian dan pembuatan laporan ini menggunakan beberapa metode, antara lain :

1) Studi Literatur

Studi literatur adalah proses dalam pencarian informasi atau referensi dan materi penunjang sebuah penelitian. Dalam proses ini peneliti banyak melakukan pencarian informasi terkait pengujian yang hendak dilakukan.

2) Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah proses mengambil dan mengumpulkan data yang digunakan sebagai bahan dalam proses penelitian.

3) Perancangan

Perancangan adalah proses dimana perancangan terhadap alat yang bertujuan untuk memperbaiki sebuah rangkaian apabila ditemui sistem tersebut dalam keadaan yang tidak baik setelah sebelumnya dilakukan analisis perhitungan terhadap rangkaian tersebut. Dalam penelitian kali ini perancangan alat yaitu proses merancang filter pasif yang nantinya digunakan untuk memfilter frekuensi-frekuensi harmonik pada orde tertentu.

4) Simulasi dan Analisis Data

Simulasi dan analisis data adalah suatu proses pemahaman tentang sistem atau rangkaian yang akan diteliti dan dilakukan proses simulasi. Proses simulasi ini digunakan untuk membandingkan THD sebelum dan sesudah pemasangan filter.

5) Pengujian dan Pembahasan

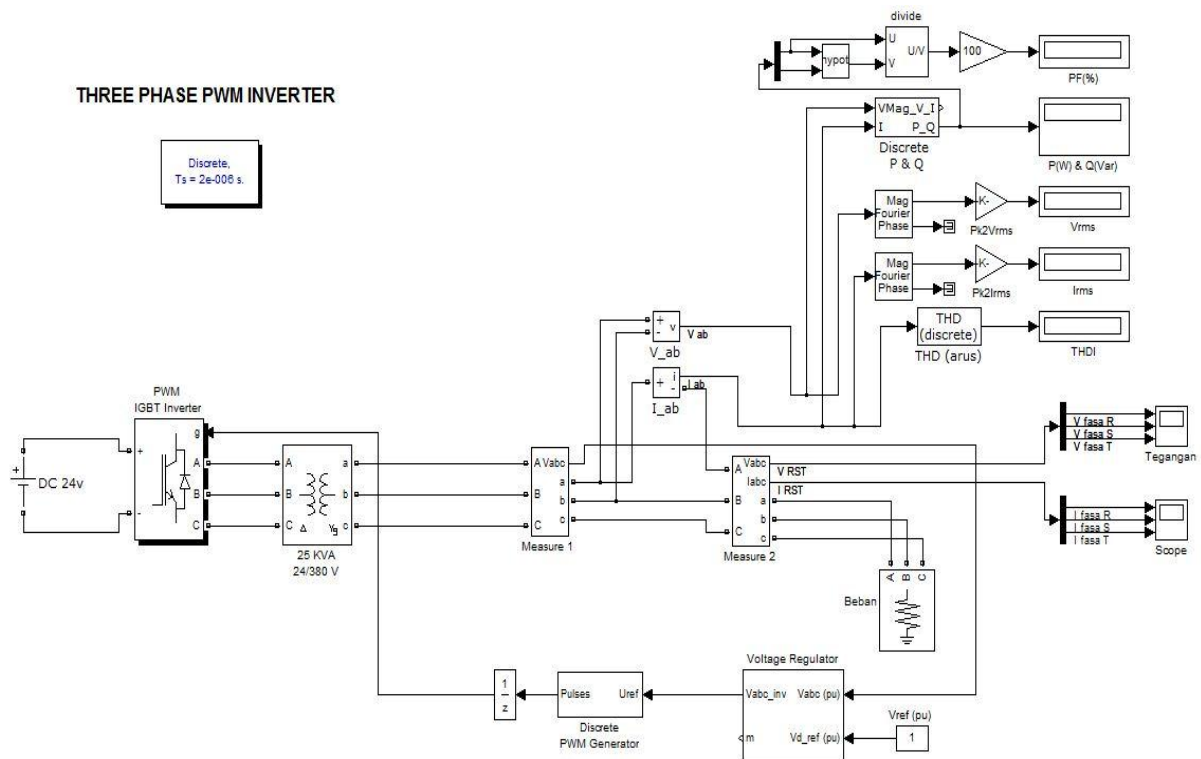
Pengujian dan pembahasan adalah proses dimana alat yang dirancang diuji dan disimulasikan langsung ke sistem. Hasil dari pengujian digunakan untuk pembahasan dan pengumpulan kesimpulan.

2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

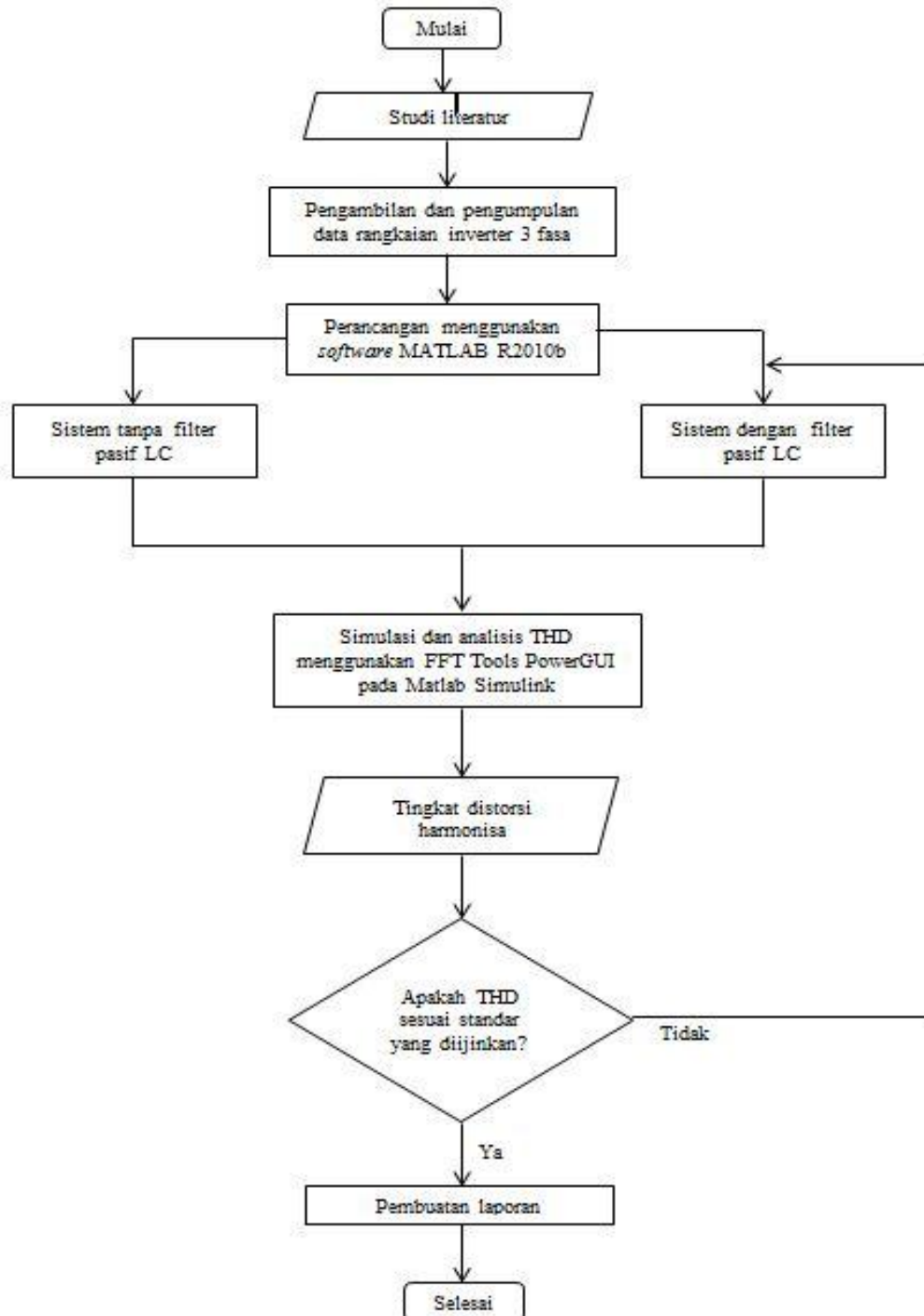
- 1) PC (*Personal Computer*) atau laptop.
- 2) *Software* MATLAB *simulink* (R2010b) yang digunakan untuk melakukan analisis THD arus dan THD tegangan pada rangkaian inverter 3-fasa.

2.3 Gambar Rangkaian Simulasi Inverter 3-fasa



Gambar 1. Rangkaian Simulasi Inverter 3-Fasa

2.4 Flowchart Penelitian



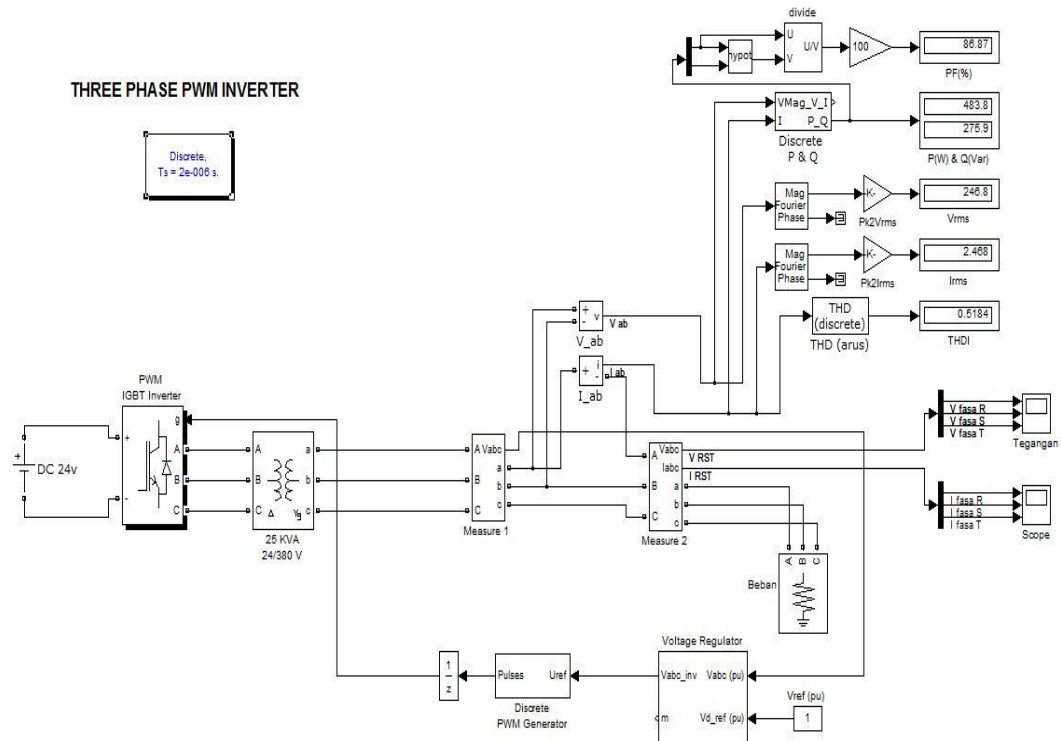
Gambar 2. Flowchart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

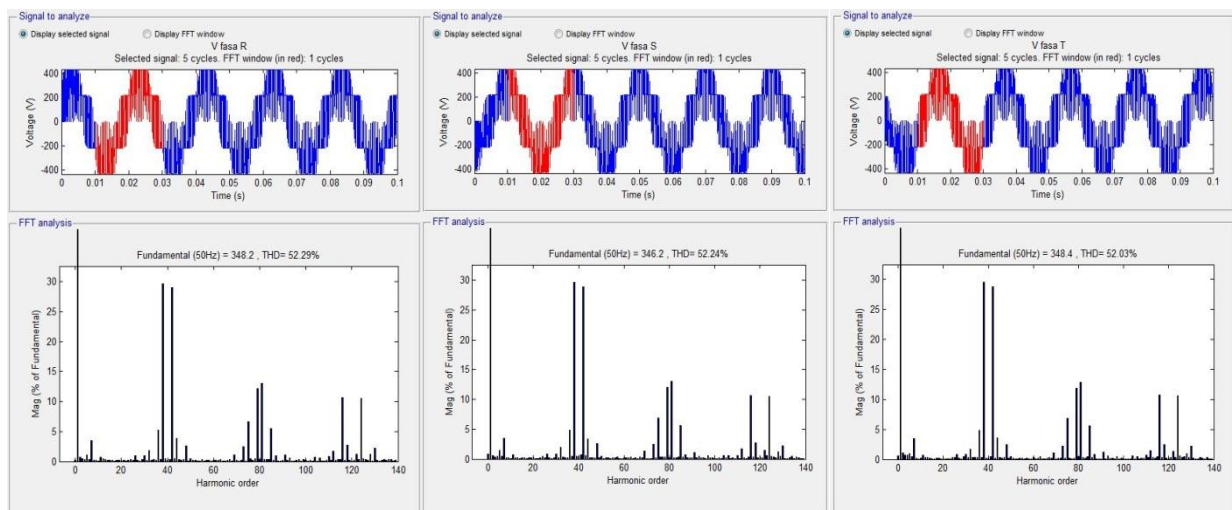
Penelitian analisis dan perancangan filter pasif untuk mereduksi pengaruh harmonik pada inverter 3-fasa menggunakan *software* MATLAB *simulink* R2010b dengan *standart IEEE 519-1992* adalah menganalisa THD arus dan tegangan.

3.1 Simulasi Harmonik

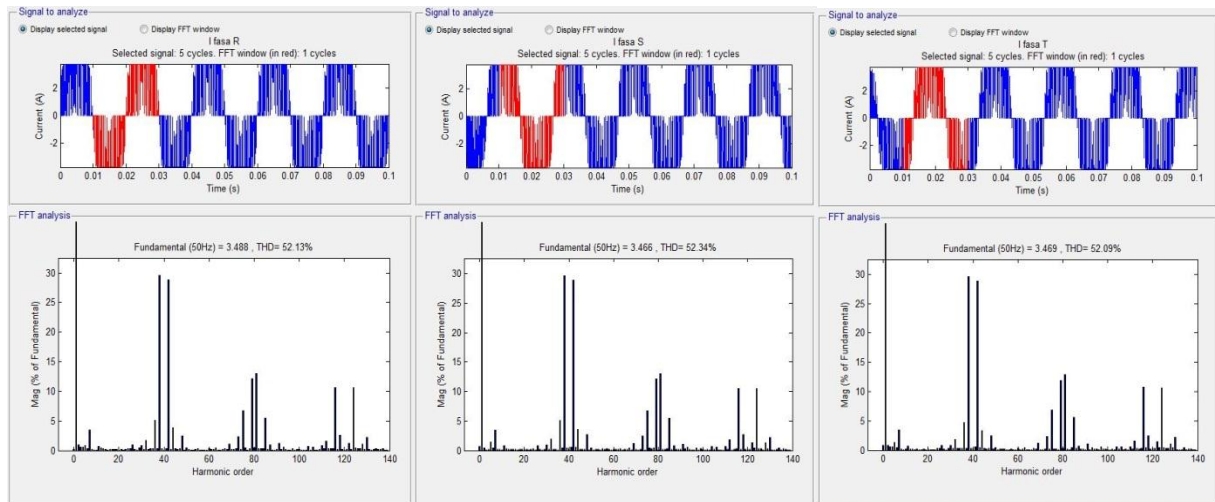
Analisis harmonik pada tahap ini digunakan untuk mengetahui nilai harmonik (THDv dan THDi) yang dihasilkan oleh inverter 3-fasa. Analisis harmonik sendiri diperlukan untuk mengetahui besarnya distorsi harmonik yang ditimbulkan sehingga didapat hasil pengukuran sebagai bahan perhitungan dalam merencanakan filter pasif LC.



Gambar 3. Rangkaian simulasi inverter 3-fasa sebelum pemasangan filter



Gambar 4. Hasil simulasi nilai harmonik tegangan RST sebelum pemasangan filter



Gambar 5. Hasil simulasi nilai harmonik arus RST sebelum pemasangan filter

Tabel 1. Nilai harmonik sebelum pemasangan filter

Fasa	THDv (%)	THDi (%)
R	52,29	52,13
S	52,24	52,34
T	52,03	52,09

Hasil simulasi yang dijalankan diketahui bahwa dari sisi *output* tegangan dan arus RST pada rangkaian inverter 3-fasa tersebut menghasilkan nilai harmonik yang cukup tinggi.

3.2 Perancangan Filter Harmonik

Pada perancangan filter harmonik, terlebih dahulu diperlukan proses identifikasi terhadap orde harmonik yang akan dilakukan eliminasi. Setelah melakukan proses identifikasi terhadap orde, diketahui harmonik tegangan dan arus terbesar serta melebihi standar ada pada orde 38 sehingga filter pasif didesain untuk mereduksi harmonik orde 38. Berikut merupakan tahapan dalam menentukan nilai komponen filter.

- 1) Menentukan faktor daya awal dan akhir

$$PF \text{ awal} = 0,868 \quad \theta = 29,77^\circ$$

$$PF \text{ akhir} = 0,985 \quad \theta = 9,93^\circ$$

- 2) Menentukan daya reaktif kapasitor

$$\begin{aligned}
 Q_c &= P \times (\tan \theta \text{ awal} - \tan \theta \text{ akhir}) \\
 &= 483,8 \times (\tan 29,77 - \tan 9,93) \\
 &= 483,8 \times (0,572 - 0,175) \\
 &= 192,07 \text{ Var}
 \end{aligned}$$

3) Menentukan frekuensi tuning, untuk faktor keamanan filter dituning 5% dibawah orde aslinya.

$$38 - (5\% \times 38) = 36,1$$

4) Menentukan nilai kapasitor.

$$X_C = \frac{V^2}{Q_C} = \frac{246,8^2}{192,07} = 317,12 \, \Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 23,14 \cdot 317,12} = 0,1 \times 10^{-6} \, \text{F}$$

5) Menentukan nilai induktor

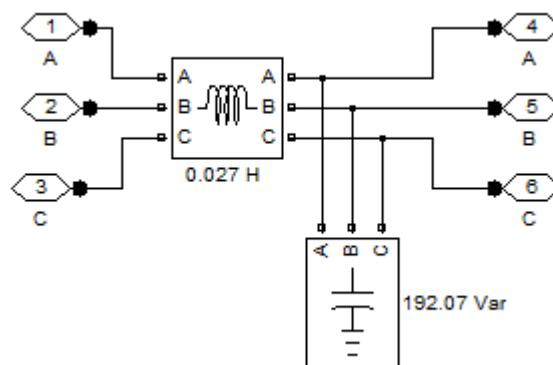
$$X_L = \frac{X_C}{n} = \frac{317,12}{36,1} = 8,784 \, \Omega$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{8,784}{2\pi \cdot 23,14 \cdot 50} = 0,027 \, \text{H}$$

Berikut spesifikasi komponen filter hasil perancangan.

Tabel 2. Spesifikasi filter hasil perancangan

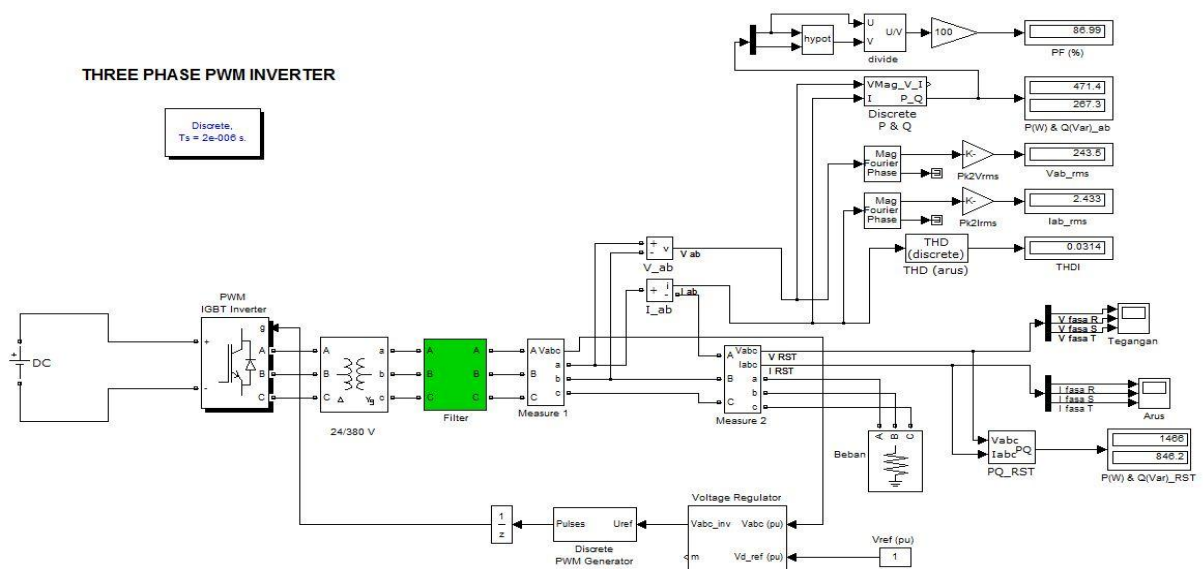
Spesifikasi	Nilai
L	0,027 H
X_L	8,784 Ω
C	0,1 uF
X_C	317,12 Ω
Q_{Var}	192,07 Var
Rating Tegangan	400 V



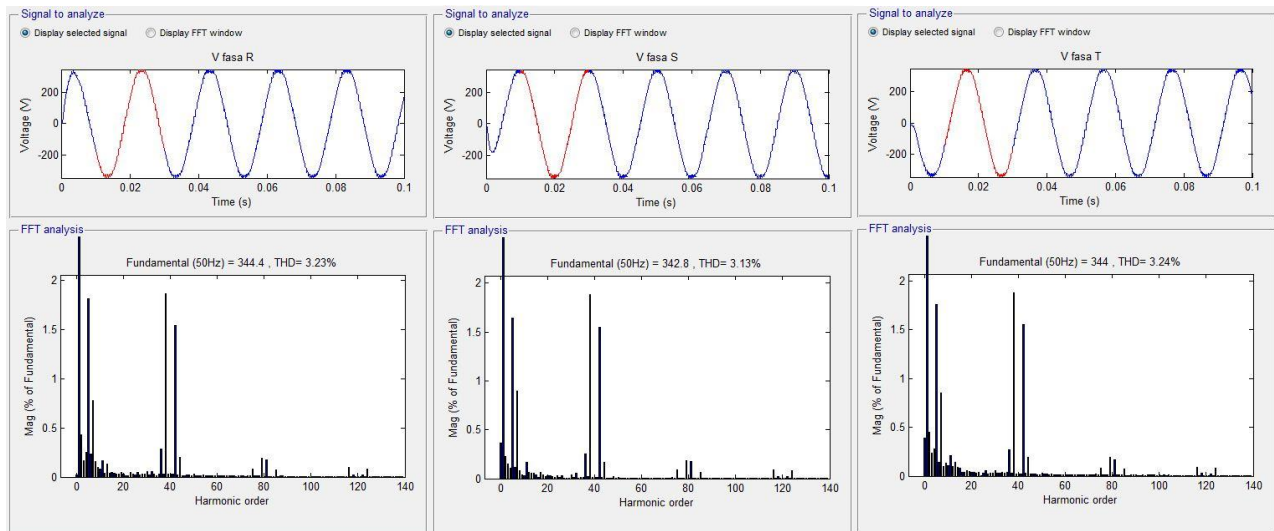
Gambar 6. Rangkaian filter hasil perancangan

3.3 Simulasi Harmonik dengan Penambahan Filter Harmonik

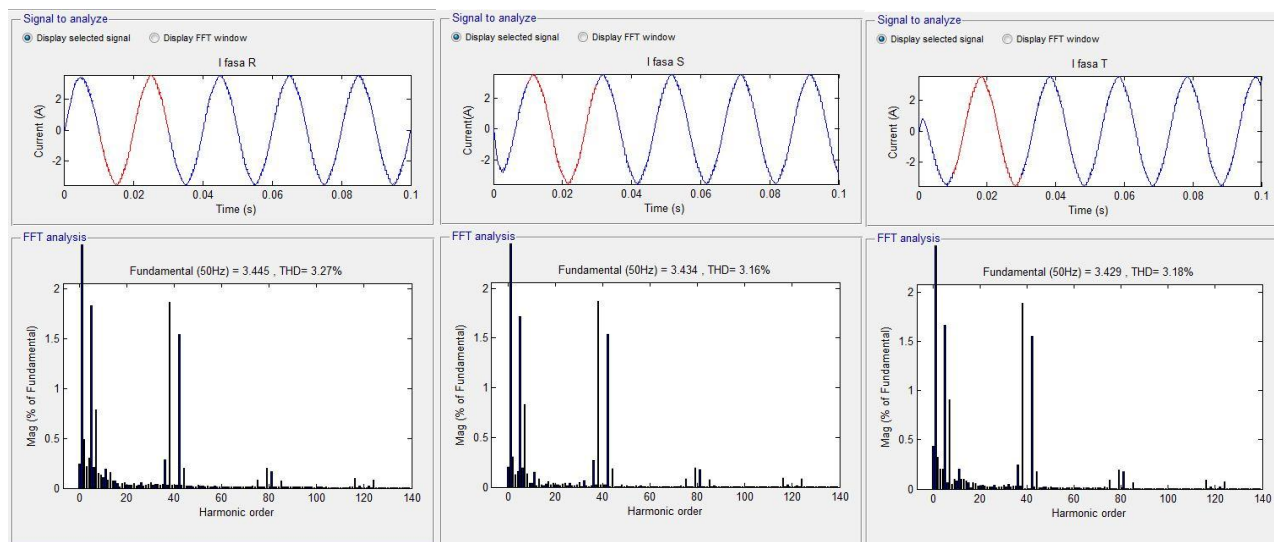
Analisis harmonik pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui nilai harmonik yang dihasilkan oleh rangkaian inverter 3-fasa setelah pemasangan filter harmonik. Sama seperti percobaan sebelumnya, pada simulasi ini menyimulasikan rangkaian inverter 3-fasa menggunakan MATLAB *simulink* R2010b.



Gambar 7. Rangkaian simulasi inverter 3-fasa setelah pemasangan filter



Gambar 8. Hasil simulasi nilai harmonik tegangan RST setelah pemasangan filter



Gambar 9. Hasil simulasi nilai harmonik arus RST setelah pemasangan filter.

Tabel 3. Nilai harmonik setelah pemasangan filter

Fasa	THDv (%)	THDi (%)
R	3,23	3,27
S	3,13	3,16
T	3,24	3,18

Hasil simulasi yang dilakukan didapati nilai harmonik dari rangkaian simulasi inverter 3-fasa seperti yang terlihat pada tabel 3. Diketahui bahwa nilai harmonik setelah pemasangan filter pasif LC mampu mengurangi THDv dan THDi sistem sesuai dengan tingkat THD standarisasi 5%.

4. PENUTUP

Berdasarkan pada simulasi dan pembahasan analisis perancangan filter pasif untuk mereduksi pengaruh harmonik pada inverter 3-fasa menggunakan MATLAB *simulink* R2010b dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Pemasangan filter harmonik memiliki pengaruh terhadap nilai harmonik pada rangkaian simulasi inverter 3-fasa.
- 2) Bentuk sinyal keluaran sinusoidal pada sisi *output* tegangan dan arus menjadi baik setelah pemasangan filter harmonik.
- 3) Hasil perancangan filter didapat spesifikasi komponen filter dengan nilai induktor sebesar 0,049 H dan nilai kapasitor sebesar 5,7 uF.
- 4) Arus rms turun sebesar 0,144 A yaitu dari 2,463 A menjadi 2,319 A setelah pemasangan filter harmonik.
- 5) Hasil simulasi setelah pemasangan filter pasif dapat menurunkan besarnya THD arus RST dari fasa R=5.13%, fasa S=52.34%, dan fasa T=52.09% menjadi fasa R=3,27%, fasa S=3,16%, dan fasa T=3,18%, serta menurunkan THD tegangan dari fasa R=5.29%, fasa S=52.24%, dan fasa T=52.03% menjadi fasa R=3,23%, fasa S=3,13%, dan fasa T=3,24%,

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga terselesainya tugas akhir, yaitu :

1. ALLAH SWT serta junjungan beliau RASULULLAH MUHAMMAD SAW.
2. Bapak dan ibu tercinta yang telah mendoakan dan memberikan nasehat sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Keluarga yang selalu memberikan dukungan serta doanya.
4. Bapak dan ibu Dosen Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

5. Bapak Ir. Jatmiko, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah mengarahkan dan membimbing penulis dalam melaksanakan tugas akhir serta memberi masukan kepada penulis selama penulisan naskah publikasi.
6. Teman-teman di KMTE Robot Research periode 2015, 2016, 2017.
7. Teman-teman di KMTE GOS Open Source periode 2015, 2016, 2017.
8. Teman-teman Teknik Elektro UMS angkatan 2013.
9. Serta pihak lain yang tidak dapat penulis sebut satu per satu yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta doanya.

DAFTAR PUSTAKA

- William D. Stevenson. Jr, Kamal Idris. 1994. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Keempat. Jakarta : Erlangga.
- Amalia, Rizka. 2015. *Pemodelan dan Simulasi Beban Non-Linier 3-Fasa dengan Metoda Sumber Arus Harmonik* : Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
- Prasetijo, Hari. 2012. *Analisa Perancangan Filter Pasif untuk Meredam Harmonik pada Instalasi Beban Nonlinier* : Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman.
- Dugan, Roger. C and McGranaghan, Mark F. 2003. *Electrical Power System Quality*. New York : McGraw-Hill.
- Zuhal. 1990. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. PT Gramedia : Jakarta.
- Alzari, Bestion. 2011, *Rancang bangun single tuned filter sebagai alat pereduksi distorsi harmonik untuk karakteristik beban rumah tangga 2200 VA*, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Indonesia.